

# Heimische Erdölvorräte und ihre technische Erschließung

Mössner, Karl Eugen

Veröffentlicht in:  
Abhandlungen der Braunschweigischen  
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 3, 1951,  
S. 182-199



Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig

# Heimische Erdölvorräte und ihre technische Erschließung

Von K. E. Mössner

## I.

Die geschichtliche Entwicklung der deutschen Erdölförderung zeigt folgendes Bild:

1871—1929 rd.	2874900 t =	20,4%
1930—1939 rd.	3805800 t =	27,0%
1940—1949 rd.	7383900 t =	52,6%
1871—1949 rd.	14064600 t =	100%

Von der Förderung innerhalb eines Zeitraumes von nahezu 80 Jahren entfällt also mehr als die Hälfte des in Deutschland gewonnenen Rohöls auf die letzten zehn Jahre. Die heimische Erdölgewinnung ist also erst in allerjüngster Zeit steil angestiegen. Im Jahre 1950 überschritt sie mit 1,1 Mill. t Jahresförderung erstmalig nach Kriegsende die Millionengrenze und konnte damit den Bedarf der Bundesrepublik Deutschland an Mineralölprodukten zu etwa 40% decken.

Diese steile Aufwärtsentwicklung der deutschen Erdölförderung war nur möglich durch die Erschließung neuer Erdölfelder und die Entdeckung neuer Lagerstätten in größeren Teufen auf den bekannten älteren Erdölfeldern. Den Anstoß für diese Auffindung gaben die Fortschritte in den geophysikalischen Untersuchungsmethoden. Ihre Ergebnisse bedeuten eine Widerlegung der früheren geologischen Auffassung, daß Erdöllagerstätten nur an aus dem Erdinnern aufsteigenden Salzstöcken vermutet werden können.

Die zur Zeit wirtschaftlich bedeutsamen Erdöllagerstätten liegen fast ausschließlich im norddeutschen Raum. Von den geschätzten Erdölvorräten im Bundesgebiet in Höhe von insgesamt 36,5 Mill. t gelten 21,7 Mill. t als sichere Vorräte und 14,8 Mill. t als wahrscheinliche Vorräte. Standortlich verteilen sich diese Vorräte folgendermaßen:

	Sichere Vorräte	Wahrscheinliche Vorräte	Gesamt-Vorräte
	in Millionen t		
Emsland .....	16,6	10,1	26,7
Hannoverscher Raum .....	4,3	3,9	8,2
Schleswig-Holstein und Hamburg ....	0,9	0,7	1,6
Baden .....	0,04	—	0,04

Die Anwendung moderner geophysikalischer Untersuchungsmethoden hat eine verstärkte Technisierung und damit eine erhöhte kostenmäßige Belastung der Erdölgewinnung mit sich gebracht. Die gleiche Auswirkung hat das Vordringen in größere Teufen gehabt, und zwar sowohl hinsichtlich des Bohrbetriebes als auch hinsichtlich des Förderbetriebes.

## II.

Bei den Erdölbohrungen werden nach dem Zweck der angesetzten Bohrung unterschieden:

1. Untersuchungsbohrungen (U-Bohrungen),
2. Aufschlußbohrungen (A-Bohrungen),
3. Produktionsbohrungen (P-Bohrungen),
4. Erweiterungsbohrungen (E-Bohrungen).

Untersuchungsbohrungen werden auf Grund vorangegangener geophysikalischer Messungen in Gebieten angesetzt, in denen Erdölfunde wahrscheinlich sind. U-Bohrungen sind verhältnismäßig flache Bohrungen, je nach dem Einfall der Schichten. Der Bohrvorgang ist der gleiche wie bei den Tiefbohrungen, nur daß an Stelle des großen Gerätes mit kleinem fahrbaren Gerät bei kleinem Bohrlochdurchmesser gearbeitet wird. Aus den Bohrungen ist die Lage der oberen Schichten zu erkennen. Die Festlegung der geologischen Profile erfolgt auf Grund von Probeentnahmen aus dem Bohrschlamm (Schichtproben) und durch Kernentnahmen. Das Ergebnis der U-Bohrungen wird für den Ansatz von Aufschlußbohrungen verwertet. Geologische und geophysikalische Untersuchungsmethoden geben gewisse Hinweise für den Ansatz von Bohrungen (U-Bohrungen). Das Vorhandensein eines abbauwürdigen Ölträgers kann jedoch nur durch Tiefbohrungen (A-, P- und E-Bohrungen) nachgewiesen werden.

Aufschlußbohrungen sind die auf Grund geophysikalischer Messungen und der Ergebnisse der U-Bohrungen angesetzten ersten Bohrungen in einem vermuteten Ölfeld, die auf einen Ölfund ausgehen. Sie unterscheiden sich von den späteren Produktionsbohrungen dadurch, daß sie in einem noch nicht fündigen Feld niedergebracht werden und daher ein größeres Risiko einschließen als Bohrungen in bereits produzierenden Ölfeldern.

Produktionsbohrungen sind Bohrungen in einem Feld, dessen Ölträger durch vorangegangene U- und A-Bohrungen bereits erkannt ist und dessen Ausdehnung mit ziemlicher Sicherheit festliegt. Sie werden niedergebracht, um bestimmte Teile eines Ölträgers zu entölen, und bergen das geringste Risiko in sich.

Erweiterungsbohrungen sind Bohrungen in schon fördernden Feldern, die außerhalb des erkannten Ölträgers niedergebracht werden, um die Ausdehnung der ölführenden Schichten abzutasten. Die Wahrscheinlichkeit eines Ölfundes ist bei Erweiterungsbohrungen geringer als bei Produktionsbohrungen.

Aufschluß-, Produktions- und Erweiterungsbohrungen werden mit großem Gerät durchgeführt.

Wie hoch trotz aller Fortschritte das Risiko der Erdölgewinnung allein im Bohrbetrieb geblieben ist, zeigen die Bohrergebnisse des Jahres 1949 in dem Anteil der Fehlbohrungen (nicht fündigen Bohrungen) an der Zahl der Bohrungen insgesamt. Dieser betrug

bei Aufschlußbohrungen	83,6%
bei Erweiterungsbohrungen	66,0%
bei Produktionsbohrungen	19,5%

## III.

Im Anteil der Fehlbohrungen zeigen sich lediglich die Schwierigkeiten aus geologischen Zufälligkeiten. Die Schwierigkeiten des Bohrbetriebes selbst ergeben sich aus den speziellen Problemen der Bohrung, die allerdings ihrerseits wieder engstens mit den geologischen Gegebenheiten zusammenhängen. Um einen Überblick über den Bohrbetrieb zu erhalten, müssen die Hauptphasen des Bohrvorganges nachfolgend kurz zusammengestellt werden, müssen die üblicherweise vorkommenden Störungen und Zwischenfälle beachtet und die gängigen Möglichkeiten zu ihrer Behebung beschrieben werden. In gleicher Weise ist eine Behandlung des Förderbetriebes, seiner Eigenarten, seiner Schwierigkeiten und ihrer Behebung erforderlich.

Grob aufgezählt gehören zum Bohrbetrieb vor allem

Bohrturm,	Spülkopf mit Bügel,
Antriebsmaschine,	Bohrgestänge,
Flaschenzug,	Schwerstange,
Drehtisch,	Bohrmeißel,

Mitnehmer- oder Spülstange,

sowie die zur Durchführung der Spülung erforderlichen Einrichtungen und Mischungen.

Der Antrieb des Bohrmeißels läuft über Antriebsmaschine, Drehtisch, Mitnehmerstange, Bohrgestänge und Schwerstange. Die entfernungsmäßige Verbindung zur Erdoberfläche wird dabei praktisch allein durch das Bohrgestänge hergestellt. Das Gestänge besteht aus etwa 9 m langen, gleichstarken Stahlrohren, die durch konische Gewindestücke an ihren Enden miteinander verschraubt werden. Eine Bohrtiefe von 900 m erfordert also einen Aufwand von etwa 100 Gestängelängen. Dementsprechend verlangt der fortschreitende Bohrvorgang in Abständen von 9 m Tiefe das Aufschrauben je einer neuen Gestängelänge.

Die gebräuchlichsten Abmessungen des Gestänges sind:

Durchmesser in Zoll	Wandstärke mm	kg Gewicht je lfd. m	Preis 1949 je lfd. m DM
3½	9,3	23,0	18,53
4½	8,6	30,0	23,13

Das Gewicht der vom Flaschenzug zu hebenden Bohrgarnitur beträgt etwa:

bei 75 m =	5200 kg
„ 150 m =	8600 kg
„ 300 m =	15100 kg
„ 900 m =	41900 kg

Die Bohrleistung hängt von der Härte der zu durchbohrenden Gesteinschicht und der Art des verwendeten Meißels ab. So können z. B. in einer Stunde durchbohrt werden:

a) in Ton- und weichen Gesteinsschichten 1—3,25 m bis zur Höchstleistung von 10 m;

- b) in Kalkstein 5—6 m;
- c) in hartem Sandstein 10—20 cm.

Zum Durchbohren von je 100 m Gebirgsschicht sind demnach an reiner Bohrleistung, also ungerechnet die Unterbrechungszeiten durch mehr oder weniger häufigen Meißelwechsel (s. unten), aufzuwenden:

- a) in Ton- und weichen Gesteinsschichten etwa 10—30 Stunden;
- b) in Kalkstein etwa 16—20 Stunden;
- c) in hartem Sandstein etwa 500—1000 Stunden.

#### IV.

Wichtig ist nun die Feststellung, daß der Bohrvorgang nicht in beliebiger Kontinuität betrieben werden kann. Entscheidend ist die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer des Bohrmeißels. Diese hängt außer von der Materialgüte des Meißels überwiegend von der geologischen Beschaffenheit der zu durchbohrenden Erdschichten ab. Es kommt vor, daß ein Meißel bei harten Gesteinsschichten bereits nach wenigen Metern Bohrung verschlissen ist und ausgewechselt werden muß.

Jeder Meißelwechsel verlangt das Ziehen des gesamten Gestänges. Bei 900 m Bohrtiefe müssen also etwa 100 Gestängelängen im Bohrturm mit dem Flaschenzug hochgezogen und es muß nach je 9 m die jeweils oberste Gestängelänge abgeschraubt werden, bis nach dem Herausziehen der untersten Gestängelänge auch der abgenutzte Meißel entfernt und durch einen neuen ersetzt werden kann. Beim Herunterlassen des neuen Meißels müssen umgekehrt die einzelnen Gestängelängen bis zur Gesamtzahl von 100 (beim Beispiel Bohrtiefe = 900 m) in Abständen von 9 m im Bohrturm aufgesetzt und aufgeschraubt werden. — Die damit gekennzeichnete Funktion des Bohrturms erklärt auch seine gängigen Abmessungen. Bei einer Höhe von mindestens 40 m gestattet er ein jedesmaliges Ziehen (Anhub) von drei Gestängelängen in einem Arbeitsgang.

Der Meißelverschleiß schwankt außerordentlich. Es gibt Schichten, in denen mit einem Meißel 800 m durchgebohrt werden können, im Sandstein muß ein Meißel regelmäßig nach 12—15 m ausgewechselt werden, im Quarzit bereits nach 2—3 m Bohrleistung. Daraus ergeben sich innerhalb der Kosten pro 100 m Bohrleistung allein im Aufwand für die Durchführung des Meißelwechsels ganz außerordentliche Unterschiede von einer Bohrung zur anderen. Ein Meißelwechsel dauert bei 1000 m Tiefe selbst bei gut eingespielter Bohrmannschaft 8—10 Stunden. Dazu kommen natürlich noch die Kosten für die Meißel selbst. Ein Rollenmeißel kostet etwa 600,— bis 700,— DM. Erwähnt sei, daß es Rollenmeißel aus inländischer Erzeugung überhaupt noch nicht gibt, sie sind sämtlich amerikanischer Herkunft.

Unabhängig vom Meißelwechsel können durch Abreißen des Gestänges oder Verlieren des Meißels weitere Komplikationen eintreten. Zu ihrer Behebung werden sogenannte Fangarbeiten eingeleitet. Führen diese in Ausnahmefällen nicht zum Ziel, so muß die Bohrung gegebenenfalls aufgegeben werden. Zumindest verursachen Fangarbeiten aber, abgesehen von den Kosten, da zum Teil Spezialfirmen (s. u. als Beispiel: Schlumberger-Dienst) dafür herangezogen werden müssen, unter Umständen auch eine erhebliche zeitliche Unterbrechung im Fortgang des regulären Bohrbetriebes.

## V.

Bei den Fangarbeiten wird versucht, die abgerissenen Teile mittels besonderer Geräte zu fassen und aus dem Bohrloch zu heben. Dabei kommen Fangwerkzeuge zur Anwendung, die man in das Bohrloch einläßt und die entweder das verlorengegangene Stück von außen fassen, d.h. sich darüber stülpen (Fangglocke), oder sich im inneren Hohlraum festsetzen (Fangdorn).

Liegt das verlorengegangene Werkzeug oder Gestänge nicht in der Mitte des Bohrlochs, so können Glocke und Dorn das Stück schlecht fassen. In diesem Falle ist vor Einsatz von Glocke oder Dorn das verlorene Stück mittels Spatenmeißel aus der Wand zu lösen und mit dem Richthaken aufzustellen. Gelingt es nicht das Werkstück zu fangen, so bleiben noch folgende Möglichkeiten:

1. Durchfräsen mit Kronen-, Spitz- oder Stirnfräser;
2. Einschlagen des Werkstücks in die Gebirgswand;
3. Sprengen mittels Dynamit;
4. Ausfüllen des Bohrloches mit Schotter bis zu einer weichen Schicht und abgelenktes Weiterbohren.

Eine Zeitangabe für Fangarbeiten ist nicht möglich. In ungünstigen Fällen können Fangarbeiten Monate dauern. Ausschlaggebend für den Zeitaufwand und den Erfolg sind:

1. Art des verlorenen Teiles (lange Gestängeteile sind im allgemeinen leichter zu fangen als kurze Meißel oder Meißelteile);
2. Lage des Stückes im Bohrloch;
3. aus welcher Tiefe das verlorene Stück geborgen werden muß;
4. Beschaffenheit der Gebirgsschicht an der Fangstelle.

Neben den Fangarbeiten sind die Ablenkarbeiten zu erwähnen. Bei diesen wird durch Keilsetzen das Gestänge in eine von der Senkrechten abweichende Richtung gebracht oder umgekehrt eine von der Senkrechten abgewichene Bohrung wieder in die ursprüngliche Bohrrichtung zurückgebracht. Die Möglichkeit des nachträglichen Richtens ist wichtig, wenn der Bohrturm aus Gelände Gründen nicht an dem Punkt der vermuteten Fündigkeit errichtet werden konnte oder neue Anzeichen für das Vorhandensein des Erdölvorkommens nachträglich auf einen anderen Punkt hinweisen, als bei dem Niederbringen der Bohrung angenommen wurde.

Die Bohrtätigkeit hat allgemein und unabhängig von irgendwelchen Ablenknotwendigkeiten dort mit besonderen Schwierigkeiten, und zwar nicht nur bei Aufstellung des Bohrturms, zu rechnen, wo Untergrund (Moore) oder verkehrsmäßiger Standort (Stationierung der Kraftquelle, Zufahrt und Lagerung der Gestängerohre usw.) des Erdölfeldes nicht den Bedingungen eines geregelten Bohrbetriebs entsprechen.

Der Bohrbetrieb kann zu erhöhten Aufwendungen veranlaßt werden, wenn die Lagerstätte mehrere übereinanderliegende Horizonte aufweist oder wenn Schichten durch geologische Störungen in einzelne Schollen zerstückelt sind. Bei mehreren Horizonten muß man sich unter Umständen entschließen, die Horizonte nacheinander getrennt auszubeuten, indem man je nach der Lage der Ölhorizonte eine Teilverrohrung mit Zementation vor-

nimmt und in der verrohrten Sonde mit kleinerem Durchmesser weiterbohrt, so daß mit Fertigstellung jedes Teilstückes der Bohrlochdurchmesser immer kleiner wird. Schichten, die durch geologische Störungen in einzelne Schollen zerstückelt sind, müssen mit viel engerem Abstand abgebohrt werden, als gleichmäßig einfallende Schichten. Bei Lagerstätten dieser Art ist also eine erhöhte Anzahl von Bohrungen notwendig, wohingegen man bei normalen geologischen Verhältnissen aus finanziellen Gründen versuchen wird, die Ausbeutung eines Ölfeldes mit möglichst wenigen Bohrungen zu erreichen, d. h. den Abstand der einzelnen Bohrlöcher zueinander möglichst groß zu wählen. Zu berücksichtigen ist allgemein, daß jede Bohrung nur einen begrenzten Einflußbereich hat und die Entfernung der Bohrpunkte auch so zu wählen ist, daß keine Beeinträchtigung von Nachbarsonden eintritt.

## VI.

An der Erreichung höherer Meterleistungen hat die Spülung einen bedeutenden Anteil. Der Spülung fällt neben dem Stützen der Bohrlochwand während des Bohrvorganges (zu diesem Zeitpunkt ist im Gegensatz zum späteren Förderbetrieb die Sonde noch nicht verrohrt!) zugleich die Aufgabe zu, den Bohrabrieb an die Erdoberfläche zu befördern. Sie tritt durch den Spülkopf ein, fließt im Gestänge abwärts, tritt am Meißel aus und kehrt im Ringraum zwischen Gestänge und Bohrlochwand wieder zur Erdoberfläche zurück. Beim Aufströmen im Bohrloch lagert sie einen dünnen Kolloidfilm an der Wand des Bohrlochs ab, der Spülungsverluste und Gesteinsnachfall verhindern soll.

Die indirekte Spülung wird angewendet, wenn grober Bohrabrieb nach oben gefördert werden soll. Bei ihr tritt die Spülflüssigkeit zwischen Bohrlochwand und Gestänge ein und kehrt im Gestängehohlraum wieder zurück.

Die Spülung muß, wie das Werkzeug, auf die zu durchbohrenden Formationen abgestimmt sein. Sie besteht aus Wasser, welches mit Ton oder Mineralien angereichert ist. Spülmenge, Zähigkeit und Gewicht sollen unter Beachtung der Strömungsverhältnisse ein Reinhalten der Sohle sicherstellen. Beim Aussetzen der Fließbewegung soll sie möglichst zu Gelee erstarren, um ein Absinken des Bohrabriebs zu verhindern.

Die laufende Feststellung des Litergewichts der Spülung gibt Aufschluß über die Funktionen der Spülung und über:

Wasserzu- und -abflüsse,  
Tonschichten,

Salzschichten,  
Gas-Horizonte.

Über Tage läuft die Spülung über ein Vibrationssieb und wird nach Durchlauf von Schlammgruben dem Spülvorgang wieder zugeführt. Am Vibrationssieb werden laufend Schichtproben entnommen. Diese geben Aufschluß über die durchbohrte Struktur. Die Proben werden nach mikromineralogischen Methoden untersucht und kommen nach Aufschwemmen in heißem Wasser unter die Quarzlampe, wo kleinste Öls Spuren erkenntlich werden.

Geo-elektrische Bohrlochmessungen werden durch Einfahren von Meßsonden vorgenommen. Sie registrieren den elektrischen Widerstand, die Porosität, Wasserzu- und -abflüsse, Süßwasser-, Salzwasser- und Ölhorizonte.

Zur Beurteilung der Sonden, und um ein genaueres Sondenprofil konstruieren zu können, ist ein Durchkernen der zu durchbohrenden Schichten erforderlich. Besonders vom Rande der Ölzone ab muß ein vollständiges Kernbild vorliegen, welches die Schichten und Zwischenlagen in den Ölzonen erkennen läßt und Aufschluß über den Zustand der Horizonte, die Porosität und Korngröße gibt. Zur Kernentnahme wird an Stelle des normalen Meißels der Kronen-Meißel eingesetzt. Eine Unterbrechung des Bohrvorganges durch Kernentnahme würde zur Auswechslung des normalen Meißels gegen einen Kronen-Meißel und zur Weiterführung der Bohrung umgekehrt eine Auswechslung des Kronenmeißels gegen einen normalen Meißel notwendig machen. Jeder Meißelwechsel würde ein Ziehen des gesamten Gestänges erfordern. Um dies fortwährende Gestängeziehen zu vermeiden, ist man dazu übergegangen, den ganzen Bohrvorgang mittels Kronen-Meißel durchzuführen.

Zeigen sich bei laufenden Untersuchungen des Bohrschlammes die ersten geringen Öls Spuren, so wird durch reichliches Kernbohren versucht, den Übergang zur Ölsandformation genau festzulegen. Nur bis zu dieser Übergangsschicht darf später die Verrohrung geführt werden.

Weiterhin sind Vorkehrungen zu treffen, die einen gewaltsamen Ausbruch des Öls verhindern:

- a) Einbringen von Schwerspülung (mit Baryt oder Hämatit beschwerte Spülflüssigkeit) oder Ölspülung.

Öl wird als Spülung verwendet, um eine Beeinträchtigung der Wandporosität zu vermeiden. Besonders bei geringem Lagerstättendruck ist die Ölspülung vorzuziehen, um ein Verkleistern der Poren des Ölträgers durch tonige Bestandteile der Spülflüssigkeit auszuschließen.

- b) Setzen einer Hochdruck-Stopfbüchse mit Absperrschieber am Sondenkopf (Eruptiv-Kopf).

## VII.

Nachdem der Ölhorizont erreicht, die Bohrtätigkeit beendet und das Bohrgestänge mit dem Bohrmeißel usw. herausgezogen ist, wird das Bohrloch verrohrt, um das Nachfallen von Gestein usw. in das Bohrloch zu verhindern. Die an den Verbindungsstellen mit Gewindeflanschen versehenen Rohre sind 8 bis 13 m lang.

Die gängigsten Abmessungen sind:

Durchmesser in Zoll	Wandstärke mm	kg Gewicht je lfd. m	Preis 1949 je lfd. m DM
$4\frac{3}{4}$	6,4	18,3	14,35
$6\frac{5}{8}$	7,3	29,4	22,84
$8\frac{5}{8}$	7,7	40,8	32,13
$9\frac{5}{8}$	7,9	48,0	45,67
$13\frac{3}{8}$	8,4	70,9	56,01

Die Unterschiede sind bedeutend. Den Ausschlag geben die Unterschiede im Rohrdurchmesser. Mit dem Durchmesser nimmt auch die Wandstärke der



Rohre zu und dementsprechend ihr Metergewicht. Dieses bestimmt die Rohrpreise je lfd. m.

Die Verrohrungskosten je lfd. m richten sich also maßgeblich nach dem sehr unterschiedlichen Durchmesser der zur Verwendung kommenden Rohrtour und damit ursächlich nach dem Durchmesser der zur verrohrenden Bohrung selbst.

Aus Kostengründen wird man versuchen, bei der Verrohrung mit möglichst geringen Rohrgewichten auszukommen und aus diesem Grunde den Bohrlochdurchmesser möglichst klein zu wählen. Man muß jedoch die beabsichtigte Teufe, das Verhalten der zu durchbohrenden Schichten und die zu erwartenden Förderbedingungen in Rechnung stellen. Je lockerer die Gesteinsschichten sind, um so größer ist die Gefahr des Gesteinsnachsturzes. In diesem Falle muß eine Teilverrohrung vorgenommen und mit kleinerem Durchmesser weitergebohrt werden. Da jede Teilverrohrung ein Weiterbohren mit kleinerem Durchmesser bedingt und bei tiefen Bohrungen sich dieser Vorgang mehrmals wiederholen kann, ist der Bohrlochdurchmesser beim Beginn der Bohrung so zu wählen, daß selbst bei mehrmaligem Absetzen das Bohrloch immer noch groß genug ist, um die Steigrohre oder notwendig werdende Gaseinpreßrohre aufnehmen zu können. Um sicher zu gehen, wird man, um ein kostspieliges Nachbohren eines zu engen Bohrloches zu vermeiden, in Zweifelsfällen lieber mit zu großem Durchmesser zu bohren anfangen.

## VIII.

Um den Ölträger von darüberliegenden Wasserschichten zu isolieren, ist nach erfolgter Verrohrung eine Zementation erforderlich. Zementiert wird der Hohlraum zwischen Bohrlochwand und Verrohrung. Die Zementschicht soll den Rohrstrang allseits gut umhüllen.

Die Zementierung wird in folgender Weise vorgenommen. Wenn die Rohre eingebaut sind und der Rohrschuh, d.h. das Ende der Verrohrung, an der richtigen Stelle steht, wird festgestellt, ob der Ringraum zwischen Bohrrohr und Gebirgswand in der gesamten Bohrtiefe für die Zementierung frei ist. Eine auch nur teilweise Verschüttung durch Gesteinsteile würde den Ablauf und die Durchführung der ganzen Zementierung gefährden. Die zu treffende Feststellung erfolgt durch Einpumpen von Spülung in die Rohrtour. Am Sondenfuß tritt die Spülung (wie anschließend bei der Zementierung die Zementbrühe) in den Ringraum zwischen Bohrrohr und Gebirgswand. Wenn sie auf diesem Wege ohne Stockungen wieder an der Erdoberfläche auftaucht, kann angenommen werden, daß die Rohre frei im Bohrloch hängen. Bei krummen Bohrungen werden die Rohre zum Teil mit aufgeschweißten Nocken versehen, um einen gewissen Abstand von der Gebirgswand zu garantieren und damit, wie bereits angedeutet, eine Zementierung zu ermöglichen. Danach bringt man einen Holzstopfen in das Bohrloch, der bis zu 25 mm kleiner ist als die lichte Weite der Rohrkolonne. Der Stopfen ist durch Gummiringe gegen die Rohrrinnenwand abgedichtet. Ist der Stopfen eingesetzt, wird der Zementierkopf auf das obere Rohrende aufgeschraubt und Zementbrühe (etwa 40 Sack Zement auf 1 cbm Wasser) eingepumpt. Um dem bei der Zementation im Rohr hinunterzupressenden Holzstopfen am Rohrschuh, d.h. am Ende der

Verrohrung, einen Widerstand zu bieten, wird in die unterste Rohrlänge kreuz und quer ein Stück Bandstahl eingeschweißt. Somit ist der Rohrrinnenraum nach unten durch ein Stahlkreuz abgeschlossen. Nun wird Rohrlänge an Rohrlänge geschraubt und in das Bohrloch eingelassen. Der Rohrstrang muß, damit der notwendige Hohlraum für die Zementierung vorhanden ist, lose im Bohrloch hängen.

Nachdem die erforderliche Zementbrühe eingebracht ist, wird ein zweiter Holzstopfen, der mit Ledermanschetten gegen die Rohrwand abgedichtet ist, eingesetzt und mit Spülung hinuntergepumpt. Die für die Zementation bestimmte Zementlösung befindet sich jetzt zwischen beiden Stopfen. Durch nachgepumpte Spülung werden die Stopfen mit der eingeschlossenen Zementbrühe nach unten gepreßt, bis der erste Stopfen am Stahlkreuz des Rohrschuhes Widerstand findet. Bei weiterem Nachpumpen von Spülung steigt der Druck im Bohrrohr, bis die Gummidichtung des ersten Stopfens durchschlagen wird. Jetzt tritt die Zementbrühe in den Ringraum zwischen Bohrrohr und Gebirgswand. Beim Aufsetzen des zweiten Stopfens am Rohrschuh erfolgt ein weiterer Druckanstieg, der die Beendigung der Zementation anzeigt. Die Zementation soll in längstens zwei Stunden beendet sein, weil nach dieser Zeit die Verdickung des Zements beginnt. Unter Druck bleibt die Sonde 4 bis 6 Tage stehen, bis der Zement so hart ist, daß ein Weiterarbeiten möglich wird. Die Erhärtung des Zements ist nach 28 Tagen beendet.

Störungen bei der Zementation können eintreten

a) durch Verkleben des Stopfens.

Klemmen des Stopfens versucht man durch schnellen Gestängeeinbau (in die Verrohrung) und durch Hinunterdrücken mittels des eingefahrenen Gestänges freizubekommen.

b) durch vorzeitiges Durchschlagen der Dichtungen. Bei Durchschlagen der Dichtungen muß die Zementbrühe mittels Spülung wieder herausgedrückt werden.

c) durch Überschreiten der Zementierungszeit. Ein Überschreiten der Zementierungszeit kann den Zementierungsvorgang in Frage stellen.

Gegenmaßnahmen:

Sofortiges Ausspülen der Sonde und, falls notwendig, anschließendes Ausbohren.

Bei allen Störungen, die nicht kurzfristig zu beseitigen sind, ist gegebenenfalls ein Ziehen der Rohre nicht zu vermeiden.

Die Zementation muß hoch genug geführt werden, um die eigene Bohrung gut zu schützen und den Durchtritt von Wasser nach Zwischenschichten und damit ein etwaiges Verwässern von Nachbarsonden zu verhindern. Alle wasserführenden Schichten müssen durch die Zementation abgesperrt werden. Es ist also von Fall zu Fall verschieden, bis zu welcher Höhe hinaus eine Sonde hinter der Verrohrung zementiert werden muß.

Um die Höhe der Zementation hinter den Rohren festzustellen, werden Meßgeräte in die Sonde eingefahren, welche die beim Abbinden des Zements entstehende Wärme messen. Derartige Messungen sind nur während des Abbindevorgangs möglich.

Nach dem Abbinden des Zements wird das Bohrloch leergepumpt und nach 24stündigem Warten der Wasserstand gemessen. Die Probe kann auch in der Weise vorgenommen werden, daß man die Sonde 5 bis 10 Stunden unter Druck setzt. Steigen des Wasserspiegels in einem Falle und Druckabfall im anderen, die jeweils über das normale Maß hinausgehen, zeigen schlechte Zementation an.

Es kommt jedoch vor, daß Verrohrung und Zementation noch vor Erreichen des Ölhorizontes und Abschluß der Bohrtätigkeit vorgenommen werden müssen. Dies ist der Fall, wenn lockere Schichten durchbohrt worden sind und nachstürzende Gesteinsteile eine Fortsetzung der Bohrtätigkeit allein mit Bohrgestänge und Spülung unmöglich machen. Die Bohrwand muß dann vom bis dahin erreichten Tiefpunkt der Bohrung hinauf bis zur Erdoberfläche durch Verrohrung und Zementation abgestützt werden. Nach unten wird anschließend mit kleinerem Durchmesser weitergebohrt. Der untere, engere Teil des Bohrloches wird nach Erreichen des Ölhorizontes und Beendigung der Bohrtätigkeit gesondert verrohrt und zementiert. Im Vergleich dazu spricht man bei der vorherigen Abstützung des oberen Teils daher auch von einer Teilverrohrung und Teilzementierung.

Beim Herunterpressen der Zementbrühe in der Rohrtour wird diese regelmäßig im unteren Teil nicht vollständig aus der Rohrtour herausgedrückt. Zementiert wird also praktisch nicht nur, wie beabsichtigt, der Ringraum zwischen Verrohrung und Gebirgswand, sondern auch der Bohrraum unterhalb der Verrohrung (in der Ölzone) und die untere Rohrtour (bis 1 m über der Ölzone). Zur Aufnahme der Förderung müssen diese Teile vom Zement freigebohrt werden. Zum Ausbohren des Raumes unterhalb der Verrohrung wird ein Erweiterungsbohrer (mit Ausklinkvorrichtung) verwendet, es sei denn, daß man die Bohrung (und Zementation) vorerst überhaupt nur bis zu einem Punkt oberhalb des Ölträgers durchgeführt hat und man die Bohrung bis zum Ölträger erst nach erfolgter Verrohrung und Zementation aufnimmt. Diese Durchbohrung des Ölträgers, die sich unterhalb der Verrohrung abspielt, wird ebenfalls mit Erweiterungsbohrer vorgenommen.

## IX.

Ist die Ölzone durchbohrt, durch Messungen genügend gekennzeichnet und nach Abpumpen der Spülung der Ölfluß eingetreten, so wird die Ölzone zur Aufnahme der Förderung in der Weise vorbereitet, daß die Gebirgswand in der Ölzone, d.h. vom Ende der Verrohrung (= 1 m über der Ölsandschicht) bis zum Sondenfuß, mit klarer Spülflüssigkeit oder mit Öl sauber gespült wird, um Reste aus der tonigen Bohrspülung zu entfernen und die Porosität zu verbessern. Man verwendet hierzu einen besonders konstruierten Spülkopf, der die Flüssigkeit unterhalb der Verrohrung, d.h. in dem nicht mehr verrohrten Teil vom Sondenfuß bis auf 1 m über der Ölsandschicht, seitlich austreten läßt.

Die Förderung des Erdöls erfolgt durch eine Steigleitung, die in die verrohrte Sonde eingebaut und bis 1 m über die Ölsandschicht heruntergelassen wird. Bei den Steigrohren handelt es sich um Stahlrohre von 6 bis 12 m Länge.

Die gängigsten Abmessungen der Steigleitungen sind:

Durchmesser in Zoll	Wandstärke mm	kg Gewicht je lfd. m	Preis 1949 je lfd. m DM
2	4,8	6,90	6,06
2½	5,5	9,60	8,10
3	6,5	13,90	11,62
4	6,9	19,30	etwa 16,30

Die einzelnen Rohrlängen werden miteinander verschraubt und bilden ein geschlossenes Gehäuse. Eine unmittelbare Förderung aus der Sondenverrohrung erfolgt in keinem Falle, da der große Rohrdurchschnitt zu einem schnellen Abfall des Lagerstättendrucks und infolge einer zu geringen Fördergeschwindigkeit zu starken Paraffinablagerungen im Rohre führen würde.

Nachdem die Steigrohre eingebaut sind, wird die Spülung allmählich abgepumpt, bis ein Ölfluß in Gang kommt.

Der natürliche Zustand jeder Sonde ergibt eine bestimmte Reihenfolge der anzuwendenden Förderverfahren. Die normale Aufeinanderfolge ist

1. Eruption, d.h. freier Ausfluß des Erdöls,
2. Kompressions- oder Gasförderverfahren,
3. Pumpen mittels Tiefpumpen.

Bei der Eruption wird das Erdöl durch den in der Lagerstätte herrschenden Druck an die Erdoberfläche gebracht. Der Lagerstättendruck bildet sich

1. durch die Schwerkraft des Öls;
2. durch das im Öl gelöste oder als Gaskappe vorhandene Gas;
3. durch das nachströmende Randwasser, und zwar
  - a) durch den hydrostatischen Druck, wenn das Speichergestein bis an die Erdoberfläche reicht und das Oberflächenwasser nachströmt.  
Steht die Lagerstätte nicht unter hydrostatischem Druck, d.h. besteht keine durchgehende Wassersäule bis zur Erdoberfläche, so wirkt nur der Druck des Wassergewichtes der Lagerstätte selbst.
  - b) durch das im Randwasser gelöste Gas.

Zur möglichst langen Aufrechterhaltung der Eruptions-Förderung ist eine dauernde Überwachung des Gas-Öl-Verhältnisses bei der Ölentnahme notwendig. Zur Entnahme von Gas-Öl-Proben wurden Geräte entwickelt, mit denen es möglich ist, unmittelbar von der Bohrlochsohle aus Proben zu entnehmen und sie ohne Gasverlust an die Erdoberfläche zu bringen. Erscheint bei Aufrechterhaltung der bisherigen Förderung durch Beeinträchtigung des Gas-Öl-Verhältnisses die zukünftige Entwicklung der Förderung gefährdet, so müssen gegebenenfalls einzelne Sonden vorübergehend gedrosselt oder geschlossen werden.

Das Gas spielt bei der Druckentwicklung in der Lagerstätte eine entscheidende Rolle. Es begünstigt das Nachströmen von Öl erstens durch die Drucksteigerung, zweitens aber auch dadurch, daß es das Öl dünnflüssiger macht. Deshalb ist bei der Förderung auf möglichst geringe Gasentnahme zu

achten, d.h. der Gasanteil soll bei der Ölentnahme so niedrig wie möglich gehalten werden. Zu diesem Zweck baut man in die Steigleitung eine Düse ein, die den Förderungsvorgang und damit auch das Nachströmen des Öls verlangsamt. Die Wirkungsweise ist etwa so, daß bei langsamem Nachströmen des Öls weit weniger die im Öl enthaltenen Gasblasen durch die Poren im Ölträger gerissen werden, als es bei gesteigerter Entnahme der Fall wäre, weil das Volumen der Gasblasen größer ist als das des flüssigen Öls. Die Drosselung des Förderungsvorganges durch Einbau von Düsen darf aber andererseits die Förderungsgeschwindigkeit im Steigrohr nicht allzusehr verringern, da hier wiederum der Gasdruck bei höherer Geschwindigkeit besser ausgenutzt wird. Der Ausgleich muß durch einen entsprechend engeren Steigrohrdurchmesser geschaffen werden.

Wenn der Druck der Lagerstätte durch eine starke Ölentnahme zu schnell gesenkt wird, kann in diesem Falle eine unter hydrostatischem Druck stehende Lagerstätte durch plötzliche Wassereinbrüche aus einer über ihr befindlichen Ansammlung bedroht werden. Durch das Nachströmen des Randwassers tritt eine Verwässerung der Sonde ein. Dabei kann es sein, daß das Öl durch den verwässerten Teil von der Fördersonde abgesperrt wird und der Förderung verlorengeht. Es kann aber auch der Fall eintreten, daß durch zu schnelle Förderung der Widerstand des nachströmenden Öls und der des Randwassers sich die Waage halten, so daß Öl und Wasser gemeinsam zur Sonde fließen und ein Öl-Wasser-Gemisch gefördert wird. Bei dieser Erscheinung ist davon auszugehen, daß das Öl aus abliegenden Feldteilen mit größerem Widerstand = geringerer Porosität = geringerer Durchlässigkeit nicht schnell genug nachfließen kann und der Porenraum mit kleinerem Widerstand = stärkerer Porosität = größerer Durchlässigkeit zwischen Sonde und dem langsam nachströmenden Öl sich mit Wasser füllt. Nur durch sofortige Verringerung der Förderung wird dem spezifisch leichteren Öl die Möglichkeit gegeben, den Porenraum wieder ganz zu füllen.

Vorgedrungenes Randwasser kann durch Abpumpen aus vorhandenen oder neu herunterzubringenden Sonden aufgehalten werden, es sei denn, daß das Nachströmen durch Reißbildung in der Gebirgsschicht so stark wird, daß die Förderung eingestellt werden muß. Durch zu schnelles Fördern kann das Nachströmen des Randwassers so weit begünstigt werden, daß selbst ein Verwässern der Nachbarsonden eintritt.

Eine Ausdehnung der Eruptionszeit ist u. a. durch künstliche Erhöhung des Lagerstättendrucks möglich. Zu diesem Zweck ist das Einpressen von Gas oder Luft in bereits bestehende Sonden oder in neu anzulegende Einpreßsonden erforderlich (sekundäres Förderverfahren).

Bei eruptiven Sonden ist der Aufbau von Fördertürmen nicht erforderlich, weil bei ihnen nur gelegentlich ein Ziehen der Steigrohre, z.B. zur Entfernung von Paraffinsätzen notwendig wird. Bei Pumpensonden werden die Fördertürme zum Ziehen der Steigrohre, des Pumpengestänges und der Pumpen benötigt. Zum Teil ist man dazu übergegangen, das Auswechseln der Steigrohre und Pumpen durch fahrbare Masten und Kräne zu bewerkstelligen. Dadurch werden die Fördertürme an Pumpensonden ebenfalls überflüssig. Der Förderturm besitzt keine maschinellen Anlagen; diese werden bei Bedarf jeweils antransportiert.

Beim Kompressions- oder Gasförlderverfahren wird Gas (Butan und Methan) in das Bohrrohr eingepreßt. Das Gas tritt am Sondenfuß in das Steigrohr und reißt das Erdöl mit nach oben.

Bei der Förderung mittels Tiefpumpen unterscheidet man gestängegetriebene Kolbentiefpumpen und rotierende Senkpumpen (Kreisel-pumpen). Allgemein zur Anwendung gelangt das Verfahren mittels Kolbentiefpumpen, bei denen der Kolben in die unterste Rohrlänge dicht am Sondenfuß eingebaut wird und einen Hub von etwa zwei Metern hat. Das Pumpengestänge besteht aus Stahlstäben oder Stahlrohren. Stahlrohre werden besonders bei paraffinhaltigem Öl verwendet, weil sie es ermöglichen, zur Lösung des Paraffinansatzes im Steigrohr heißes Öl durch das Pumpengestänge herunterzudrücken. Das heiße Öl steigt in dem Ringraum zwischen Pumpengestänge und Steigrohr wieder nach oben und löst dabei den Paraffinansatz an der Steigrohrwand auf. Bei krummen Bohrungen tritt großer Gestängeverschleiß ein, so daß ein öfteres Ziehen des Pumpengestänges erforderlich wird. Hier kann das Verfahren mittels rotierender Senkpumpen, bei denen der Fortfall aller hin und her gehender Teile besonders günstig ist, zur Anwendung kommen. Der Kraftbedarf für rotierende Senkpumpen ist etwa doppelt so hoch wie bei Kolbentiefpumpen. Berücksichtigt man, daß die Lebensdauer der Kreisel-pumpen 8 bis 10 Wochen gegenüber 5 bis 7 Monaten bei Kolbentiefpumpen beträgt und die Reparatur sowie der Ein- und Ausbau weit schwieriger ist als bei Kolbentiefpumpen, so wird deutlich, daß sich der Einsatz rotierender Senkpumpen auf solche Sonden beschränken muß, bei denen gestängegetriebene Kolbentiefpumpen infolge zu starker Krümmung nicht zur Anwendung kommen können.

Bei der Erdölförderung können u. a. folgende Störungen auftreten:

1. Mit Rücksicht auf das Gas-Öl-Verhältnis ist es dringend geboten, die Förderung gleichmäßig zu betreiben. Ein Aussetzen der Förderung kann Störungen im Gas-Öl-Verhältnis hervorrufen, indem sich das im nachströmenden Öl enthaltene Gas bei Stillstand der Förderung vom Öl löst und bei Wiederaufnahme der Förderung durch das Öl durchpfeift. Neben erheblichen Gasverlusten kann es zu einem plötzlichen Auswurf größerer Ölmengen kommen. Bei Pumpenbetrieb füllt sich der Pumpenzylinder bei manchem Hub nur mit Gas. Die Folge sind unregelmäßiger Lauf der Pumpe und unregelmäßige Förderung.
2. Paraffinansatz im Steigrohr tritt besonders im oberen Teil des Steigrohres auf und dort wieder an Stellen, die in Wasserzonen liegen und einer starken Abkühlung unterworfen sind.

Der Paraffinansatz kann beseitigt werden

- a) durch Kratzer, die in das Steigrohr eingefahren werden;
- b) durch Einpumpen heißen Öls;
- c) durch Ziehen und Ausschmelzen der Steigrohre.

3. Sandablagerungen im Steigrohr.

Sie sind zu beseitigen durch

Spülen,  
Ziehen der Rohre,  
Nachbohren oder Filtereinsatz.

4. Verwässerung des Öles (nicht schon gleichzusetzen mit Verwässerung der Sonde, die erst in einem fortgeschrittenen Stadium der Ölverwässerung eintritt).

Diese Förderungsschwierigkeit wird durch Höherhängen der Pumpe und Verringern der Ölentnahme behoben.

5. Stocken des Öls (hoher Stockpunkt) vor Erreichen der Erdoberfläche. In diesem Falle muß eine dreifache Rohrtour eingebaut werden, die eine Beheizung des Steigrohres durch Einpumpen von Heißwasser zuläßt.

Nach bestehender bergbaulicher Vorschrift sind sämtliche Bohrlöcher, welche nicht mehr der Gewinnung, Beobachtung oder sonstigen betrieblichen Zwecken (Einpreßsonden) dienen, zu verfüllen. Hierunter fallen alle nicht fündigen Bohrungen und die fündigen, aber inzwischen ausgebeuteten (erschöpften) Sonden.

Wichtig ist vor allem die Verfüllung der nicht fündigen (und weder verrohrten noch zementierten) Bohrungen. Durch Eindringen von Wasser in Nachbarschichten kann unter Umständen die Produktion des ganzen Feldes gefährdet werden.

Soweit die geologischen Verhältnisse bereits eine Verrohrung erforderlich gemacht hatten, wird aus Kostengründen versucht werden, die Rohre vor Beginn der Verfüllung zurückzugewinnen. Ein schon einzementiertes Rohr läßt sich nicht mehr ziehen. In diesem Falle ist der Rohrteil in Höhe der Zementationsschicht als verloren anzusehen. Das darüber befindliche Rohr wird dicht über der Zementschicht abgefräst und gezogen.

Hat die Bohrung ein oder mehrere Male Öl- oder Wasserschichten durchfahren, welche Einfluß auf das Feld haben können (Eindringen von Wasser, Gasverluste), und liegen diese Schichten nicht innerhalb der zementierten Zone, so wird das Bohrlochrohr an der betreffenden Stelle perforiert, dicht darunter ein Stopfen gesetzt und Zementbrühe unter Druck eingepumpt. Durch die Perforation tritt die Zementbrühe in den Ringraum zwischen Bohrlochwand und Rohr und riegelt die Öl- oder Wasserschicht ab. In diesem Fall kann das Rohr zurückgewonnen werden, wenn es noch vor dem völligen Festwerden des Zements gezogen wird.

In Bohrungen, welche Salzlager durchstoßen haben, muß die Verrohrung nach den bergbaulichen Vorschriften belassen werden.

Soweit die Rohre nicht gezogen werden können oder dürfen, wird die Verfüllung in der Weise durchgeführt, daß in das Rohr ein Stopfen bis zu einer gewissen Tiefe getrieben, auf diesen Stopfen eine Zement-Mörtel-Schicht von einigen Metern aufgebracht und der restliche Rohrrinnenraum mit Dickspülung angefüllt wird.

Noch nicht verrohrte Bohrungen werden im allgemeinen durch Einpumpen von Dickspülung verfüllt. Die Verfüllung jedes Bohrloches wird bis etwa zwei Meter unter Rasenkante ausgeführt. Eine Zementplatte mit Zementstopfen bildet den Abschluß. Bis zur Erdoberfläche wird Mutterboden aufgeschüttet.

Zusammenfassend ist festzustellen:

Erhöhte Verfüllungskosten entstehen auf solchen Feldern, die eine erhöhte Zahl von nicht fündigen Bohrungen aufweisen, oder bei denen eine erhöhte Zahl von Sonden aus der Förderung endgültig ausfällt. Bei den nicht fündigen,

aber bereits verrohrten Bohrungen (Sonden) ergibt sich die Frage der Rohrwiedergewinnung. Eine Rohrwiedergewinnung kann nicht stattfinden, wenn bereits zementiert ist oder wenn bergbauliche Vorschriften (durchstoßenes Salzlager) dem entgegenstehen.

## X.

Wie sehr die Erdölgewinnung in all ihren Arbeitsgängen technisiert ist, sei rückblickend noch einmal an der häufigen und vielseitigen Heranziehung von Spezialfirmen für Sonderaufgaben demonstriert. Eine bekannte Firma dieser Gruppe ist die Société de Prospection Electrique, Procédés Schlumberger (SPE), mit Sitz in Paris, welche den sogenannten „Schlumberger-Dienst“ in Europa versieht.

Einen konzentrierten Einblick in die Anforderungen des modernen Bohrbetriebes gewähren die von dieser Spezialfirma angebotenen Dienste, die im einzelnen aus der Angebotsliste der SPE und der Liste der im Besitz der SPE in Deutschland befindlichen Patente zu ersehen sind.

Aus der Angebotsliste folgende Beispiele:

Messungen in Öl oder in ölhaltigen Spülungen.

Elektrisches Kernern.

Um die Formation zur Kernentnahme zu bestimmen, muß ein Schlumberger-Diagramm vorhanden sein.

Elektrische Widerstandsmessungen lassen durch Ermittlung elektrisch-spezifischer Widerstände in den Gesteinsschichten Rückschlüsse auf die Beschaffenheit der Gebirgsschichten zu oder werden zur Ermittlung von Rohrtourunterbrechungen oder Rohrtourverschraubungen herangezogen.

Messung der Radioaktivität.

Bei diesen Messungen werden mittels Geiger-Zählrohr die von den Schichten ausgestrahlten Gamma-Strahlen gemessen. Tonige Schichten sind z.B. radioaktiver als Gesteinsschichten. Diese Meßmethode ist die einzige, die bei verrohrter Sonde durchgeführt werden kann.

Mikro-Untersuchung.

Elektrische Mikro-Messungen sind besonders empfindliche Widerstandsmessungen zur Bestimmung von Sand- und Kalksteinschichten mit hohem Widerstand.

Tiefenbestimmung.

Diese Messung wird hauptsächlich gemacht, um die Teufe des Bohrschuhs zu kontrollieren oder um die Lage des Stopfens oder verlorenen Werkzeuges zu bestimmen.

Perforationen.

Perforation der Rohrwandung erfolgt durch Schußapparate oder Thermit-Type. Beim Schußapparat werden mittels Sprengladung Geschosse durch die Rohrwandung getrieben. Mit der Thermit-Type wird die Rohrperforation durch Einschweißen von Löchern in das Stahlrohr durchgeführt.

Eine Perforation ist erforderlich, wenn mit einer verrohrten Sonde mehrere Ölträger ausgebeutet werden sollen. Die Perforation wird zuerst am untersten Ölträger angesetzt, der nach Entölung durch Druckzementation abgeschlossen wird. Danach wird die Rohrwandung im nächst höheren Horizont durchschossen, um den Zufluß von Öl in die Sonde zu ermöglichen usw.



### Seitliches Kernschießen.

Seitliche Kernentnahme erfolgt durch Schußapparat oder mechanischen Typ. Beim Schußapparat werden bis zu 30 Stahlbüchsen durch eine Sprengladung seitlich in die Rohrwand getrieben. Beim Anziehen der Meßsonde werden die mit Stahldrähten am Sondenkörper befestigten Stahlbüchsen aus der Wand gerissen. Der Kern bleibt im Innern der Büchse. Beim mechanischen Typ wird aus der eingefahrenen Meßsonde eine Bohrkronen seitlich herausgeklappt, mit der ein Bohrkern aus der Wand gebohrt wird.

### Thermometermessungen.

Sie erfolgen durch Temperatur-Fernmeßgeräte und Registrieren der Temperatur in den durchfahrenen Schichten. Mit diesen Messungen werden Wasserzuflußstellen oder die Höhe der aufsteigenden Zementschicht hinter der Verrohrung ermittelt.

### Abweichungsmessungen.

Zur Festlegung des Grades der Abweichung und der Abweichrichtung eines Bohrloches wird mit besonderen Meßapparaten auf photoelektrischem Wege unter Zuhilfenahme der Magnetnadel die Messung durchgeführt und registriert. Auf Grund der Abweichmessungen kann die Richtung beim Bohren korrigiert werden.

### Strata-Messungen.

Strata-Messungen sind Widerstandsmessungen in Verbindung mit Porositätsmessungen in drei Richtungen. Aus den aufgenommenen Kurven ist das Einfallen der Schichten zu ersehen.

### Kaliber-Messungen.

### Geophon-Messungen.

Geophon-Messungen sind Schallmessungen, die ebenfalls zur Bestimmung der Schichtprofile herangezogen werden. Die Messung erfolgt in der Weise, daß an der Erdoberfläche ein Schall erzeugt wird und dessen Fortpflanzung in der Erdschicht mittels eingefahrener Bohrlochsonde gemessen wird.

### Wasserzuflußbestimmungen.

### Torpedierungen.

Hierbei wird am Fuß der Sonde eine Sprengladung zur Entzündung gebracht, um in harten Schichten das Nachströmen von Öl durch ein Zerklüften der Gesteinsformation zu erleichtern. In Tonschichten ist dieses Verfahren nicht anwendbar, da es nur zu einer Komprimierung der Tonschichten führen und damit ein Zufluß von Öl erschwert würde.

### Setzen radioaktiver Marken.

Um bestimmte Punkte im Bohrloch mit Hilfe des Geiger-Zählrohrs feststellen zu können, wird an der betreffenden Stelle noch vor Beginn der Verrohrung radioaktive Masse in die Gesteinsschicht eingebracht.

Aus der Liste der Patente folgende Beispiele:

Verfahren zum Erkennen der durch Tiefbohrlöcher durchteuften Bodenschichten mittels elektrischer Widerstandsmessungen.

Vorrichtung zur Bestimmung der Richtung und Größe des Einfallens der von einem Bohrloch durchschlagenen Erdschichten.

Verfahren zur Bestimmung der Strichrichtung und des Neigungssinnes von durch ein erstes Sondierbohrloch getroffenen Gesteinsschichten.

Einrichtung der Übertragungsmessung der Abweichung von Bohrungen mittels Induktionsbusssole.

Geräte zur Entnahme von Proben aus der Seitenwandung von Bohrlöchern.  
Kernrohrartiges Geschöß zur Entnahme von Proben aus dem noch nicht verrohrten Teil von Bohrlöchern.

Vorrichtung zum Abschießen von Geschossen in Bohrlöchern.

Geschöß für die Durchbohrung der die Innenwand von Bohrlöchern bekleidenden Verrohrung.

Einrichtung zur Fernmessung von Temperaturen in Bohrlöchern.

Verfahren zur Vorrichtung für die örtliche Auszementierung von Bohrlöchern.

## XI.

Die wissenschaftliche und technische Verfeinerung der Erdölgewinnung darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß zuletzt die Erdölgewinnung — im Gegensatz zur typischen industriellen Produktion — eine Urproduktion ist, die dadurch eine spezifische Stellung einnimmt, daß die Erdölvorkommen keinen mit Sicherheit im voraus bestimmbaren Gesetzmäßigkeiten unterworfen sind. Wie etwa bei der Hochseefischerei die technische Ausstattung eines Schiffes und die Qualität seiner Mannschaft noch gar nichts über das Fangergebnis aussagen, so ist bei der Rohölgewinnung die wissenschaftliche Vorbereitung und die technische Ausstattung der Betriebe zwar eine unabdingbare Voraussetzung der Rohölproduktion, der wirklich entscheidende Faktor, nämlich die Fündigkeit der Vorkommen, ist jedoch der menschlichen Voraussicht im wesentlichen entzogen. Letztlich sind es die jeweiligen geologischen Bedingtheiten der Erdölgewinnung, die das Verhältnis von Bohrmeterleistung und Rohölförderung bestimmen. Wenn bei der Kohle die Modernisierung der bestehenden Anlagen und die laufende Abteufung neuer Schächte eine selbstverständliche Voraussetzung jeder Erhöhung der Förderungsquote bilden, so gilt dies auch für die heimische Erdölgewinnung. Während aber ein erschlossener Kohlenvorrat mit absoluter Sicherheit unter bestimmten technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen abgebaut werden kann, können bei der Rohölproduktion die Förderleistungen jederzeit durch unterirdische Veränderung stark absinken oder versiegen (starke Salzwassereintritte können z.B. erhebliche Ölvorräte abschneiden; es können starke Veränderungen des Gasdrucks eintreten und ähnliches). Diese spezifischen Voraussetzungen der heimischen Erdölproduktion müssen bei jeder Kostenanalyse und bei jedem Betriebsvergleich im Auge behalten werden, sonst besteht von vornherein die Gefahr von Fehlschlüssen.

Auch aus der Qualität des Rohöls (spezifisches Gewicht, Stockpunkt, Flammpunkt, Siedepunkt, Paraffingehalt, Viskosität, Verunreinigung usw.) ergeben sich sowohl für die Förderung als auch für die Aufbereitung und den Transport besondere technische Erfordernisse und entsprechende Kosten. Je größer der Anteil der leichtflüchtigen Bestandteile ist, um so geringer sind im allgemeinen die Verarbeitungskosten, um gängige Fertigprodukte zu erhalten. Die Unterschiedlichkeit der Rohölqualität besteht nicht nur von Ölfeld zu Ölfeld, sondern häufig auch auf dem gleichen Ölfeld von Sonde zu Sonde.

So ist es verständlich, daß auf keinem Gebiet des Bergbaues die Voraus-schätzung und Vorausplanung der Produktion und ihrer Kosten schon auf kurze Fristen von so vielen Unsicherheitsfaktoren abhängig ist, wie bei der Erdölgewinnung.

### Literatur

O. Deicher, Das Förderwesen im deutschen Erdöl, insbesondere im Nienhagener Feld, Berlin 1937.

K. Glinz, Die Gewinnung des Erdöls durch Bohren, Leipzig 1932.

Unterlagen des Amtes für Bodenforschung; von dessen Präsidenten, Prof. Alfred Bentz, stammen die Schätzungen über die Erdölvorräte im Bundesgebiet.